



KERNFORSCHUNGSANLAGE JÜLICH GmbH

Zentralabteilung Allgemeine Technologie

**Einsatz und Entwicklung
der Datenverarbeitung im Bereich
der Konstruktion**

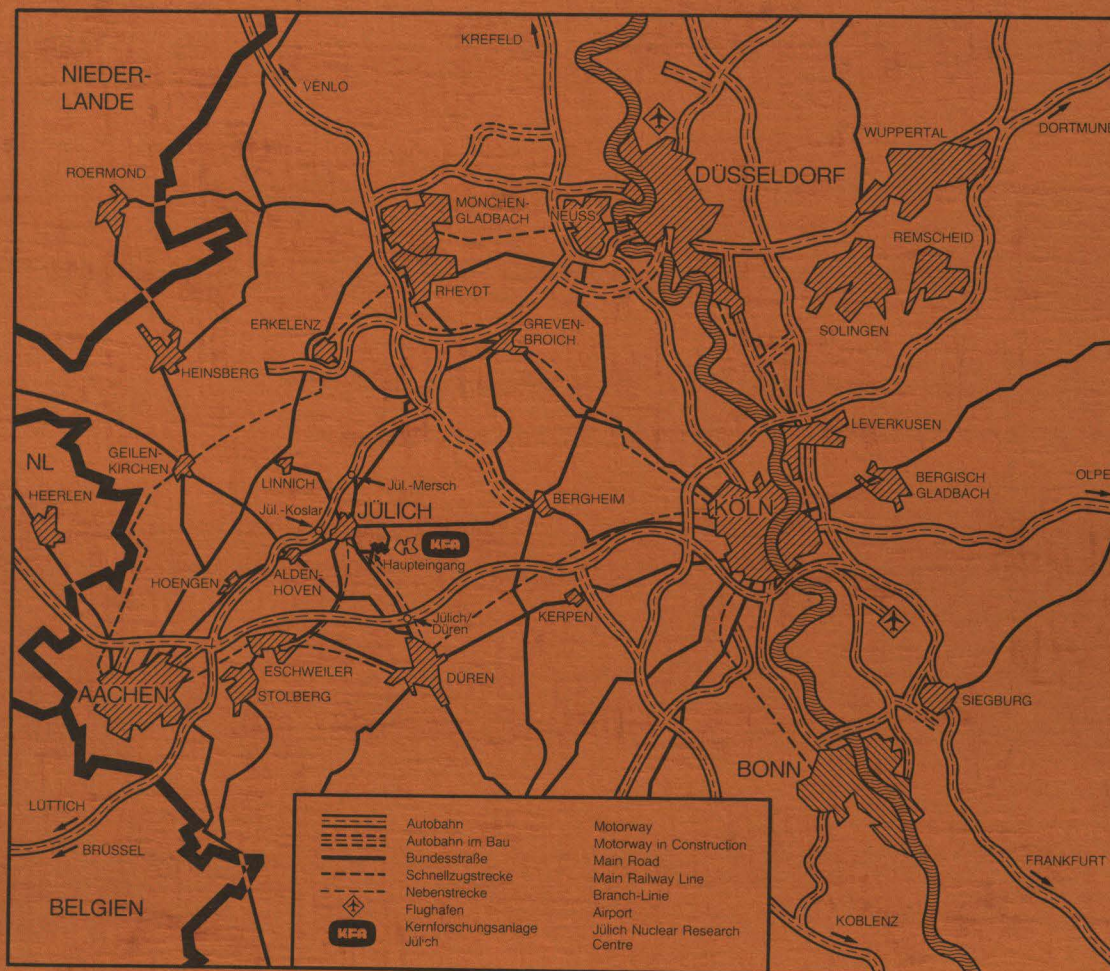
von

H.J. Cordewiner

Jül - Spez - 144

März 1982

ISSN 0343-7639



Als Manuskript gedruckt

Spezielle Berichte der Kernforschungsanlage Jülich – Nr. 144

Zentralabteilung Allgemeine Technologie Jül - Spez - 144

Zu beziehen durch: ZENTRALBIBLIOTHEK der Kernforschungsanlage Jülich GmbH

Postfach 1913 · D-5170 Jülich (Bundesrepublik Deutschland)

Telefon: 02461/610 · Telex: 833 556 kfa d

Einsatz und Entwicklung der Datenverarbeitung im Bereich der Konstruktion

von

H.J. Cordewiner

EINSATZ UND ENTWICKLUNG DER DATENVERARBEITUNG IM BEREICH DER KONSTRUKTION

von

H. J. Cordewiner

KURZFASSUNG

Der vorliegende Bericht vermittelt einen Überblick über den derzeitigen Stand des Rechnereinsatzes im Konstruktionsbereich und geht auf Probleme ein, die sich bei der praktischen Anwendung in den Betrieben ergeben.

ABSTRACT

The report presented here gives an overall picture of the current situation with regard to use of the computer in the construction field and discusses those problems which appear during practical application in industry.

<u>Inhaltsverzeichnis</u>	Seite
Motivation für den Einsatz der Datenverarbeitungsanlage	1
Situation in den Unternehmen	4
Der CAD-Arbeitsplatz, Rechnerebenen	10
Stand der Programmentwicklung, Aussichten	12
Das Kettenkonzept	23
Integrierte Programmsysteme	25
Literatur	30

Einsatz und Entwicklung der Datenverarbeitung im Bereich der Konstruktion

Motivation für den Einsatz der Datenverarbeitungsanlage

Die Anforderungen des Marktes zwingen heute die Unternehmen mehr denn je dazu, ihre Konkurrenzfähigkeit durch Steigerung von Qualität und Produktivität zu verbessern. Betrachtet man daraufhin die bei einer auftragsgebundenen Produktion anfallenden Kosten, so kann man zwischen zwei Begriffen differenzieren:

Unter Kostenverursachung versteht man die Beträge, die direkt aufzuwenden sind, um die Erzeugnisproduktion bis zu dem jeweilig betrachteten Stadium durchzuführen. Mit Kostenfestlegung oder Kostenverantwortung bezeichnet man diejenigen Beträge, die aufgrund getroffener Entscheidungen gewissermaßen vorprogrammiert sind. So werden beispielsweise im Planungsstadium alle Fragen über Art und Menge der einzusetzenden Werkstoffe entschieden. Die Werkstoffkosten stehen also bereits zu diesem Zeitpunkt fest; das Material wird jedoch in der Regel erst in der Fertigungsphase eingekauft und bezahlt. In Abb. 1 sind diese Kostenarten für den Status "ohne Rechnereinsatz" gegenübergestellt. Bereits 80 % der Kosten eines Produktes stehen nach Abschluß der Planungsphase fest. Im Hinblick auf diesen hohen Wert liegt ein wesentliches Motiv für den Rechnereinsatz darin, mit Hilfe entsprechender Simulations- und Berechnungsmethoden ein günstigeres Kosten- Leistungsverhältnis zu erreichen.

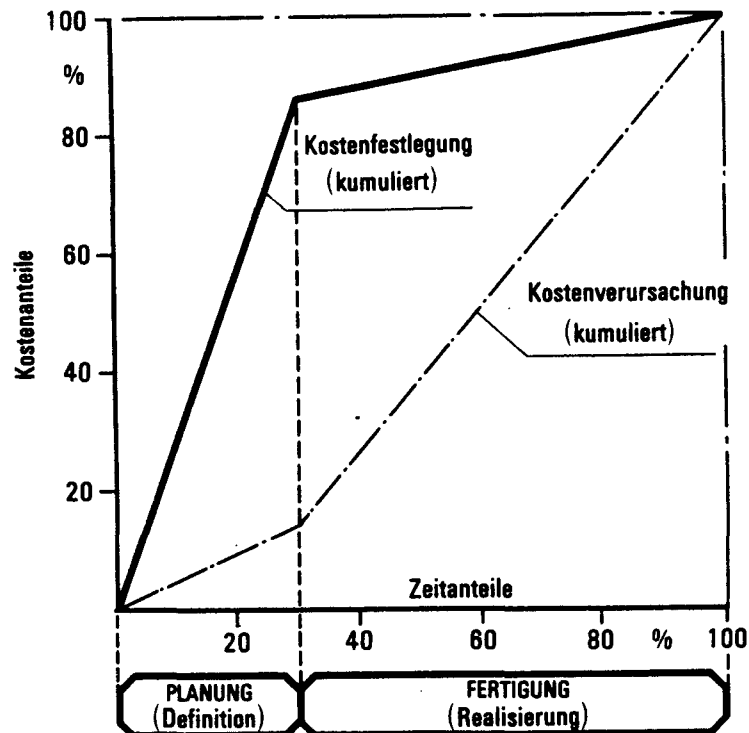


Abb. 1 Kostenfestlegung und Kostenverursachung bei auftragsgebundener Produktion (ohne Rechnereinsatz)

Außerdem wird der planerische Zeitanteil durch die Systematisierung von Konstruktionsabläufen stark reduziert. Daraus erwachsende Verkürzungen der Angebots- und Lieferzeiten führen zu entscheidenden Wettbewerbsvorteilen. Aus den genannten Gründen hat in den letzten Jahren eine deutliche Verschiebung der Rationalisierungsbemühungen von der Fertigung in die vorgelagerten Bereiche stattgefunden. Dabei wird das Hilfsmittel

Datenverarbeitung an seinem Beitrag zum Unternehmensziel gemessen. Allerdings ist es sehr schwierig, Wirtschaftlichkeitsbetrachtungen im Konstruktionsbereich durchzuführen. Sind die Kosten vor der Einführung der Datenverarbeitung in der Regel noch leicht zu erfassen, so ist es nur selten möglich, die Einsparungen durch eine rechnerunterstützte Konstruktion genau vorauszukalkulieren. Wegen der bereits großen Erfolge beim Einsatz der Datenverarbeitung zur Durchführung aufwendiger Rechnungen gab es in den sechzigern und Anfang der siebziger Jahre eine weitverbreitete euphorische Stimmung. Es wurde als problemlos angepriesen, einsatzfertige Systeme wie Konfektionsartikel kaufen und mit großem Vorteil nutzen zu können. Daß Systeme und betriebliche Gegebenheiten aufeinander abgestimmt werden müssen, davon war nur nebenbei die Rede. Inzwischen werden die Vorteile und Probleme nüchterner beurteilt.

Der volkswirtschaftlichen Bedeutung entsprechend wurde das Programm "Rechnerunterstütztes Entwickeln, Konstruieren und Fertigen" im Rahmen der Datenverarbeitungsprogramme der Bundesregierung mit öffentlichen Mitteln gefördert. Im sogenannten 2. Datenverarbeitungsprogramm von 1971 bis 1975 wurden Gelder in Höhe von 46 Mio. DM bereitgestellt; das anschließende 3. Programm umfaßte für den Zeitraum von 1976 bis 1979 ein Volumen von 66 Mio. DM. An den Entwicklungsarbeiten nahmen Hochschulen, Software-Häuser und Industriefirmen teil.

Das Ziel der Förderung bestand darin, Voraussetzungen für einen breiten Einsatz der Datenverarbeitung in ausgewählten Bereichen der industriellen Produktion zu schaffen. Diese Bereiche waren der Maschinenbau, das Bauwesen und die Elektrotechnik. Zielrichtung war es, umfassende Lösungen zu erarbeiten, an denen breiter Bedarf bestand und diese in die industrielle Anwendung zu überführen. Dabei umfaßte die Zielgruppe etwa 20000 Betriebe, so daß mit den verfügbaren Mitteln keine firmenspezifischen "Maßanzüge" sondern vorwiegend überbetrieblich gültige Programme erstellt werden konnten. Seit 1980 haben sich die Schwerpunkte verlagert. Die Projektförderung erstreckt sich nunmehr ausschließlich auf spezielle Bereiche der Informationsverarbeitung wie etwa Datenschutz und Datensicherung, Auswirkungen der Informationstechnik auf Mensch und Gesellschaft, ergonomische Gestaltung von Benutzerschnittstellen etc.

Situation in den Unternehmen

Auf der kommerziell - organisatorischen Ebene hat sich die Datenverarbeitung bereits durchgesetzt und zu tiefgreifenden Veränderungen in der internen Struktur der Unternehmen geführt. Sie ist zu einem integrierenden Faktor für die Betriebe und einem Steuerungselement für das Management geworden. Für die üblichen Problembereiche kann man auf bewährte Standardkonzeptionen der Hardware zurückgreifen, für die auch ent-

sprechende Programmpakete zur Verfügung stehen. Im technischen Bereich dagegen fehlen bewährte Standard-Konzeptionen; der Anwender kann - von wenigen Ausnahmen abgesehen - nur auf ein begrenztes und meist lückenhaftes Angebot von Rechnerprogrammen zur Lösung seiner Aufgabenstellung zurückgreifen. Dies wird auch durch die Analyse der im ISIS-Software-Katalog angebotenen Programme unterstrichen. 53 % aller offerierten Programme sind auf den kommerziell administrativen Bereich ausgerichtet. 28 % erstrecken sich auf Systemprogramme, die im wesentlichen vorhandene Standard-Rechnerkonfigurationen im Hinblick auf spezielle Erfordernisse ergänzen. Lediglich 19 % beziehen sich auf technisch orientierte Programme. Diese Aufteilung verändert sich nur unwesentlich, wenn man anstelle der hier gewählten Stückzahlen als Zählbasis die je Bereich verzeichneten Angebotspreise nimmt. Als technisch orientiert werden in diesem Zusammenhang die Programme bezeichnet, die als Hilfsmittel bei der Konstruktion und Produktion industriell gefertigter Güter eingesetzt werden. Man muß allerdings davon ausgehen, daß nicht das gesamte Angebot erfaßt ist. Beispielsweise fehlen von Hochschulen entwickelte Programme, die den Interessenten direkt zur Verfügung gestellt werden und somit nicht verzeichnet sind. Jedoch wird durch solche Zusatzkanäle die Aussagekraft dieses Kataloges nur unwesentlich beeinflußt.

Neben der Wichtung der Angebotszahlen ist als weiteres Merkmal interessant, daß ungefähr 90 % aller technisch-wissenschaftlichen Programme höchstens 5 Installationen haben, so daß derzeit also von einer überbetrieblichen Mehrfachnutzung im

größeren Stil nicht gesprochen werden kann.

Ein Blick in die Fachzeitschriften der Datenverarbeitung zeigt entsprechend, daß sich nur ca. 1 % aller Publikationen mit dem Thema "Datenverarbeitung in der Konstruktion" beschäftigen.

Ein nicht unwesentlicher Rationalisierungseffekt der Datenverarbeitung liegt auf personellem Gebiet. Angesichts hoher Arbeitslosenzahlen ist ein genereller und wachsender Widerstand der Menschen gegen Automatisierung ihrer Arbeit zu spüren. Somit ist es nicht verwunderlich, wenn die Mehrzahl der Mitarbeiter die Datenverarbeitung nur wenig bereitwillig aufnehmen, da Programmerstellung Wissen in den Rechner verlagern heißt und sie somit ihren Arbeitsplatz letztlich gefährdet sehen. Diese Befürchtung ist für geringer qualifizierte Mitarbeiter zweifellos berechtigt. So wird ein Technischer Zeichner gewiß Angst vor einem Rechner haben durch dessen Hilfe Detailzeichnungen gleichbleibend hoher Qualität mit dem 25%igen Zeitaufwand erstellt werden können. Qualifizierten Konstrukteuren dagegen bietet die Datenverarbeitung die Möglichkeit zu größerer Effizienz. Sie können dem Rechner umfangreiche Routinetätigkeiten übertragen und gewinnen somit Zeit, konstruktive Lösungen gründlicher durchzuarbeiten. Selbst leistungsfähigen Datenverarbeitungssystemen kann der Erfolg versagt bleiben, wenn es nicht gelingt, die Mitarbeiter von dessen Nutzen und Grenzen für das Unternehmen und ihre persönliche Arbeit zu überzeugen. So konnte es beispielsweise

geschehen, daß ein Programm, das nachweislich die Bearbeitungszeit auf 25 % reduzierte, mit der Begründung nicht benutzt wurde, daß man dazu bei der terminlichen Enge der zur Zeit laufenden Aufträge keine Zeit habe. Dieser offenbare Widerspruch existiert jedoch aus der Sicht der Betroffenen nicht. Der Konstrukteur steht in der Regel unter permanentem Termindruck, der es ihm kaum erlaubt, sich mit neuartigen Methoden zu beschäftigen. Die Konstruktionsabteilung wickelt ihre Aufgaben mit einer aus Erfahrung resultierenden Routine ab. Dabei kann ein Eingriff in diesen gewohnten Ablauf zu Terminverzögerungen führen. Aus diesem Grunde ist auch bei einer aufgeschlossenen Leitung der Abteilung eine gewisse Scheu vorhanden, in diese routinemäßige Auftragsabwicklung tiefgreifende neuartige Methoden einzuführen. Entschließt man sich dann doch dazu, so fehlt oft die notwendige Schulung und der Konstrukteur sieht sich vor Anforderungen gestellt, die er meist nicht erfüllen kann.

Während Großunternehmen in der Regel leistungsfähige Datenverarbeitungsanlagen besitzen, die ihren Bedarf sowohl für den kommerziell - organisatorischen Bereich als auch für die technischen Anwendungen abdecken und sich eigene Programmierstäbe leisten können, sind die Möglichkeiten kleinerer Unternehmen sowohl hinsichtlich Hardware als auch Software begrenzt. Somit ist zu befürchten, daß nur Großunternehmen oder Beratungsbüros über Spezialisten verfügen, die bei der Einführung und

dem Betrieb der Datenverarbeitungsanlage sinnvoll Hilfe leisten können. In kleineren und mittleren Unternehmen dagegen ist der Konstrukteur meist Initiator, Programmierer und Anwender seines Programms. Dies führt dazu, daß der Inhalt der Programme in der Regel ein Gemisch aus allgemein zugänglichem Wissen und speziellen Konstruktionsmethoden der Firma darstellt. Man atmet auf, wenn das Programm endlich im Einsatz ist und vergißt daran zu denken, daß auch noch einige Jahre später Menschen dieses System benutzen und weiterentwickeln sollen. Die Kosten für die erforderliche Systemdokumentation und das Benutzerhandbuch können hierbei bis zu 50 % der gesamten Entwicklungskosten betragen. Erfahrungsgemäß haben Programme ohne diesen wichtigen Schlüssel zur Programmnutzung nur eine begrenzte Lebensdauer.

Andererseits ist aber auch der Bearbeiter im technischen Büro oft überfordert, wenn von ihm die Entscheidung über das für sein Problem geeignete Programm abverlangt wird. Bereits Unterschiede in der Hardware und den verfügbaren Programmiersprachen können eine Beurteilung durch ihn unmöglich machen. Dies gilt im gleichen Maße für die fachliche Bewertung des technischen Inhaltes, wenn neues technisches Wissen erworben werden muß. Doch auch in anderen Fällen ist es ein Problem, das richtige Programm zu finden. Die Beschreibungen sind oft unpräzise, falsch oder fehlen ganz, so daß nur der Autor Auskunft erteilen kann. Andererseits kann jedoch eine gute Beschreibung allein auch kein vollständiges Bild über ein hin-

reichend komplexes Programm vermitteln. Vor allem dessen Grenzen und Fehler sind nur durch umfangreiche Tests festzustellen. Trotzdem zum Teil ausreichend Möglichkeiten hierzu angeboten werden, ist die Prüfung von Software aufwendig, teuer und nur begrenzt möglich. Deshalb ist es verständlich, daß man sich besonders bei negativen Erfahrungen leicht dazu entschließt, eine Programmentwicklung selbst vorzunehmen, obwohl bereits ähnliche Software vorhanden ist. Dies ist jedoch wirtschaftlich fraglich, da der Aufwand meist unterschätzt wird.

Die Zusammenstellung von Software in Katalogen geschieht meist sehr unkritisch. Das Angebot wird qualitativ nicht überprüft, brauchbare Entscheidungshilfen, die eine sinnvolle Auswahl ermöglichen, fehlen. Andere Gründe für die mangelhafte Verbreitung guter Programme sind im technischen Bereich selbst zu suchen. Mangelnde Bereitschaft, fremde Programme zu benutzen und eigene Programme Interessenten anzubieten dürften gleichermaßen als Ursachen gelten. Gute Programme - beispielsweise zur schnelleren Angebotserstellung - führen zu Wettbewerbsvorteilen und gehören zum wohlbehüteten Know how der Firmen. Hier könnten nur Bedingungen, wie sie bei der Datenverarbeitungsförderung durch die Bundesregierung zu erfüllen waren, auf längere Sicht Abhilfe schaffen. Auflagen wie Allgemeingültigkeit des Leistungsumfanges, Publikationspflicht, Portabilität und Sicherstellung der Verbreitung der entsprechen-

den Programme können hier neue Impulse geben und zu einer größeren Transparenz beitragen.

Der CAD - Arbeitsplatz, Rechnerebenen

Der Begriff "Rechnerunterstützte Konstruktion" sagt lediglich aus, daß der Rechner in die Konstruktion einbezogen wird. Über die Menge und Qualität der ihm übertragenen Aufgaben wird nichts ausgesagt. So haben sich im Bereich der Konstruktion bestimmte rechnerische Verfahren bereits durchgesetzt - z. B. Finite Element Methode - und eröffnen dem Konstrukteur hier neue Wege, die ohne den Einsatz der Datenverarbeitungsanlage unmöglich wären. Je mehr Aufgaben dem Rechner übertragen werden können, desto effizienter und lohnender wird der Einsatz der Datenverarbeitung sein. Voraussetzung für eine durchgehende rechnerunterstützte Konstruktion ist einmal eine eingehende Analyse und Standardisierung des Konstruktionsablaufes und zum anderen eine Datenverarbeitungsform, die eine wiederholte Erfassung von Konstruktionsdaten während des Konstruktionsdurchlaufes überflüssig macht.

Das breite Spektrum der Aufgabenstellungen im Maschinenbau erfordert, daß sich die Rechneranwendung im Dialog zwischen Benutzer und Datenverarbeitungsanlage abspielt. Die Gesamtheit der im Rechner bereitgestellten Algorithmen und Informationen muß durch den Benutzer manipulierbar sein. Das heißt,

der Konstrukteur muß die Möglichkeit haben, für die jeweils anstehenden Aufgaben eine gezielte Auswahl und Zusammenstellung von Algorithmen, Informationen und Bearbeitungsabläufen treffen zu können. Interaktivität ist somit eine entscheidende Forderung. Die Geräte sollen sich dabei von der Bedienung und der Ein- und Ausgabetechnik her in die Arbeitsweise des Konstrukteurs einfügen. Eine nach den heutigen Maßstäben sinnvolle Gerätekombination für einen CAD (Computer Aided Design) Arbeitsplatz zeigt Abb. 2.

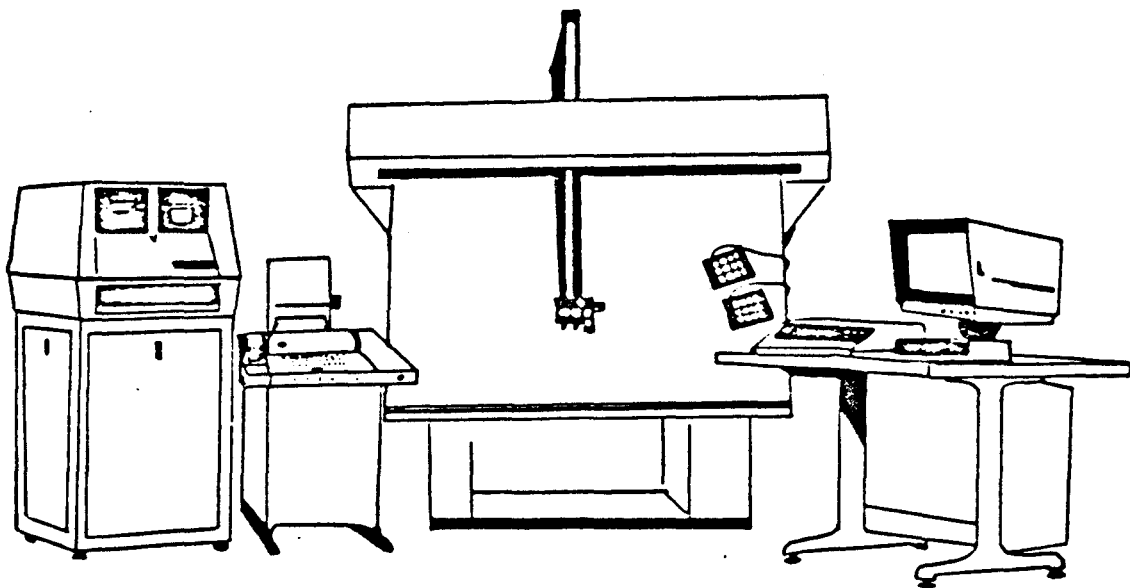


Abb. 2 CAD - Arbeitsplatz

Die Gerätekombination besteht aus:

- einem Kleinrechner mit Peripheriegeräten für den Betrieb von Band, Lochkarte und Lochstreifen,
- einem Bildschirm zur schnellen Bearbeitung von Rechnungen und Zeichnungen, sowie zum Auflisten von technischen Daten, Liefer- und Materiallisten etc.,

- einem interaktiven Reißbrett zum Eingeben und Ändern sowie Ausgeben von Zeichnungen
- und einem Drucker für die Ausgabe alphanumerischer Daten.

Das Leistungsprofil der angebotenen Geräte stellt zur Zeit keinen Engpaß dar. Dies gilt sowohl für die Zentral- als auch für die Peripherieeinheiten. Eine heute häufig anzutreffende Kombination besteht aus einem interaktiven Reißbrett und zwei bis vier Bildschirmgeräten. Dabei werden Sichtgeräte zunehmend auch für die Zeichnungsausgabe genutzt. Ihre wesentlichen Vorteile liegen in der hohen Ausgabegeschwindigkeit und dem geräuschlosen Arbeiten. Eine Mikroverfilmung ist möglich.

Stand der Programmentwicklung, Aussichten

Die im Rahmen einer Konstruktion benutzten Programme können datenverarbeitungstechnisch unterschiedlich umfangreich und komplex sein und erfordern deshalb entsprechend "heterogene" anlagentechnische Voraussetzungen. Wegen der erforderlichen Interaktion zwischen Mensch und Datenverarbeitungssystem sollte der Konstrukteur zudem vom Arbeitsplatz oder dessen unmittelbarer Umgebung möglichst direkten Zugriff auf Daten und Programme haben. Damit beide Forderungen einschließlich der einer wirtschaftlichen Betriebsweise der Anlage erfüllt werden können, ist eine hierarchische Stufung von Rechner-Verarbeitungskapazitäten erforderlich. Abb. 3 zeigt entsprechend unterschiedliche Anlagenebenen.

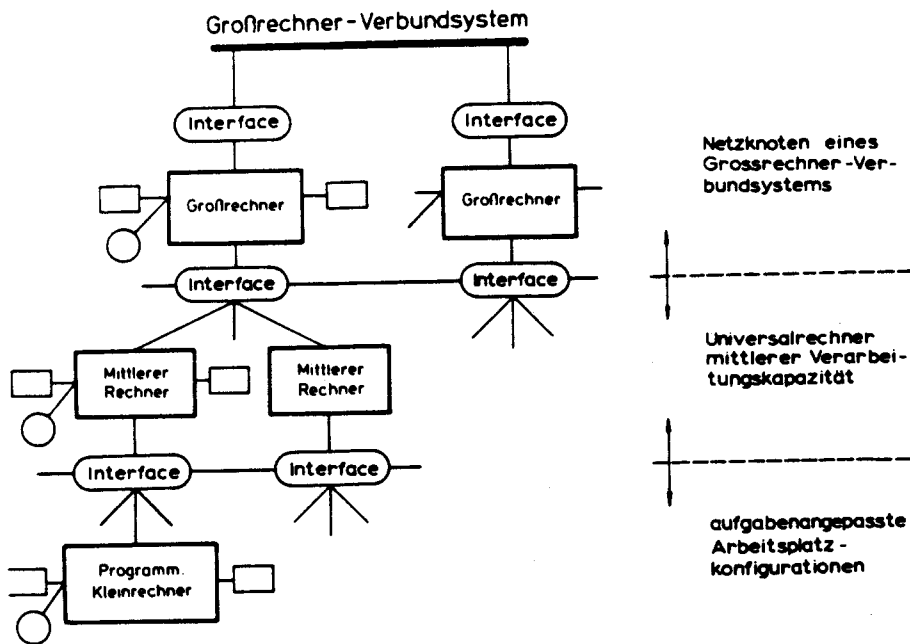


Abb. 3 Hierarchische Stufung von Rechner - Verarbeitungskapazitäten

Die mit einem Kleinrechner ausgerüstete Arbeitsplatzkonfiguration, zu der der Anwender direkten Zugriff hat, ist auf der untersten Ebene angesiedelt. Solche Stationen bearbeiten kleinere Aufgaben - z. B. Berechnungen von Schraubverbindungen - , die statistisch jedoch einen hohen Anteil des Arbeitsaufkommens ausmachen, autark. Bei größeren Teilaufgaben hat der Benutzer Zugriff auf mittlere Verarbeitungskapazitäten und - wenn erforderlich - große Kapazitäten. Das CAD-Spezifische nimmt dabei mit steigender Hierarchieebene ab. Besonders für kleinere Firmen ist dieser Aufbau interessant, da zunächst mit kleinen Investitionen die Vorteile der rechner-

unterstützten Konstruktion wirkungsvoll genutzt und das System nach Bedarf stufenweise ausgebaut werden kann. Somit ist es nicht verwunderlich, wenn Kleinrechner immer stärker in den Vordergrund treten. Heute ist bereits jeder zweite installierte Rechner ein Kleinrechner. Dieser boomartige Aufstieg führte in Verbindung mit der Realisierung neuer Speicher und Schalttechniken zu einem enormen Preisverfall. Der mittlere Wert eines in der Bundesrepublik installierten Kleinrechners fiel dabei von knapp 500 000 DM im Jahre 1969 auf etwa 120 000 bis 150 000 DM im Jahre 1979.

Dem großen Preisverfall im Bereich der Kleinrechnerhardware auf der einen Seite stehen enorme Anstrengungen zur Erweiterung und Verbesserung der Software auf der anderen Seite gegenüber. Dies führte zu einem starken Anstieg der Software - Gesamtkosten. Dabei ist unter Gesamtkosten in diesem Falle die Summe der Kosten für die Entwicklung, Erprobung, Aufbereitung zur Anwendungs-Software und Dokumentation zu verstehen. Wie Abb.4 zeigt hat sich demzufolge in den letzten Jahren das Verhältnis von Hardware zu Softwarekosten erheblich verschoben und es wird auch in Zukunft eine weitere derartige Entwicklung zu erwarten sein. Allerdings darf man daraus nicht den Schluß ableiten, daß es nur eine Frage der Zeit sei, bis der gesamte Konstruktionsprozeß geschlossen formelmäßig dargestellt und als mathematisches Optimierungsproblem abgearbeitet werden kann. Dies wird nur in einzelnen, eng begrenzten Tätigkeitsbereichen für bestimmte Produkte möglich sein.

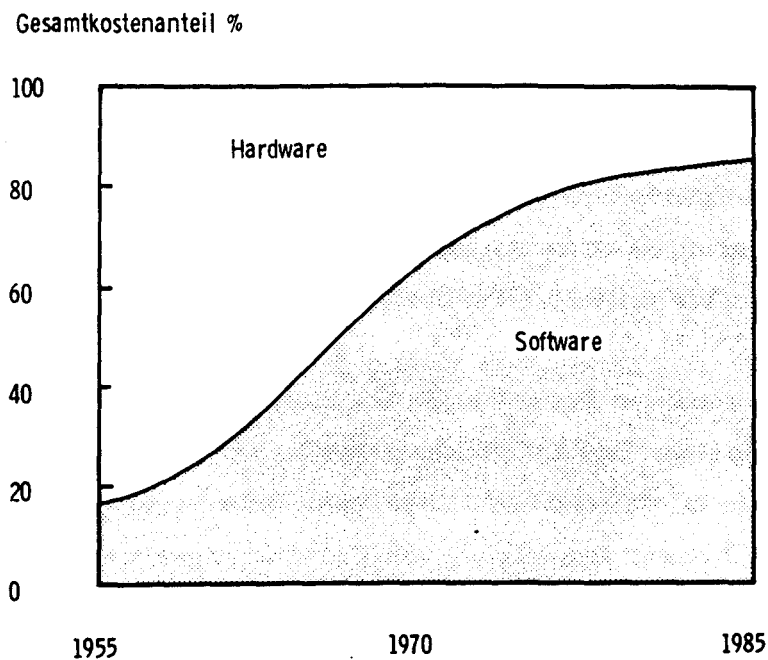


Abb. 4 Entwicklung des Gesamtkostenverhältnisses
Hardware/Software

Die Entwicklung einer Konstruktionslösung beginnt für den Konstrukteur auf der Basis der in der Anforderungsliste festgehaltenen Aufgabenstellung. Der folgende Konstruktionsprozeß kann dann entsprechend Abb. 5 in die Phasen Funktionsfindung, Prinzipielerarbeitung, Gestaltung und Detaillierung unterteilt werden. Dabei zeigt es sich, daß sich bestimmte Tätigkeiten ständig wiederholen, z. B. Berechnen, Zeichnen, Informieren u. s. w.. Vergleicht man nun die Bedeutung der Tätigkeiten in den verschiedenen Phasen, so ergeben sich unterschiedlich schwierige Inhalte, obwohl sie auf den ersten Blick gleichsind.

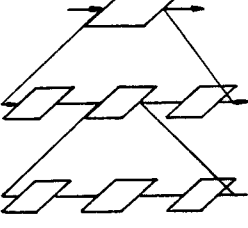
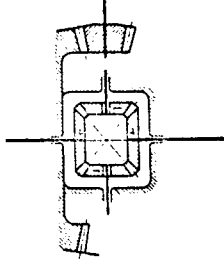
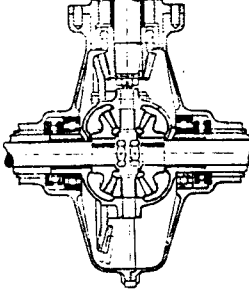
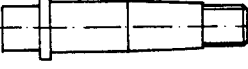
Funktionsfindung	Prinziperarbeitung	Gestaltung	Detaillierung
 <ul style="list-style-type: none"> - Informieren - Schreiben (Drucken) - Berechnen (Auslegen) - Suchen - Entscheiden - (Zeichnen) 	 <ul style="list-style-type: none"> - Informieren - Suchen - Berechnen (Auslegen) - Zeichnen (Skizzieren) - Schreiben - Simulieren - Entscheiden 	 <ul style="list-style-type: none"> - Informieren - Suchen - Zeichnen - Berechnen (Auslegen, Nachrechnen) - Entscheiden - Schreiben 	 <ul style="list-style-type: none"> - Zeichnen - Berechnen (Nachrechnen) - Informieren - Schreiben

Abb. 5 Grundtätigkeiten beim Konstruieren

Will man jedoch beispielsweise die Prinzipskizze einer technischen Lösung rechnerunterstützt anfertigen, so wird sich die Kommunikation mit dem Rechner anders gestalten müssen, als bei der Anfertigung von Detaillierungszeichnungen.

Somit unterscheiden sich die einzelnen Konstruktionsphasen, wie Abb. 6 zeigt, durch verschieden hohe Anteile geistig schöpferischer (heuristischer) Tätigkeiten. Im allgemeinen nimmt mit zunehmender Konkretisierung des Konstruktionszieles der Anteil algorithmisch erfaßbarer Tätigkeiten zu. Dieser hier im Bild als schematische Skizze dargestellte Zusammenhang unterstreicht die besondere Eignung der Gestaltungs- und Detaillierungsphase für den Rechnereinsatz.

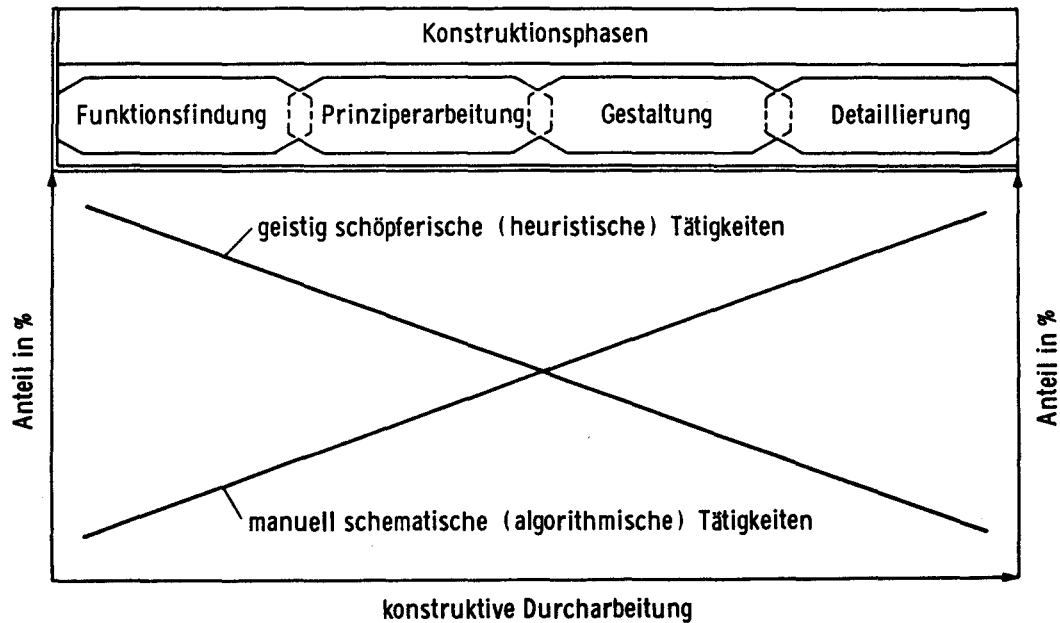


Abb. 6 Anteil geistig schöpferischer bzw. manuell schematischer Tätigkeiten in den einzelnen Konstruktionsphasen

Lediglich bei Neukonstruktionen findet in allen 4 Konstruktionsphasen ein Informationsumsatz statt (siehe Abb. 7). Voraussetzung bei den übrigen Konstruktionsarten ist demnach die Speicherung und Bereitstellung von Informationen aus den im einzelnen nicht mehr zu durchlaufenden Konstruktionsphasen. Soll beispielsweise ein Getriebe konstruiert werden, so sind hier die Phasen Funktionsfindung und Prinzipierarbeit sehr wohl erforderlich, da die Drehmoment- und Drehzahlübertragung nach unterschiedlichen Konzeptionen realisiert werden kann.

Kon- struktions- art	Konstruktionsphasen			
	Funktions- findung	Prinzip- erarbeitung	Gestaltung	Detaillierung
Neu- konstruktion	X	X	X	X
Anpassungs- konstruktion		X	X	X
Varianten- konstruktion			X	X
Prinzip- konstruktion				X

Abb. 7 Zuordnung der Konstruktionsphasen zu den Konstruktionsarten

Bei der Konstruktion eines einzelnen Zahnrades hingegen kann direkt mit der Gestaltung begonnen werden, da Funktion und Prinzip hinreichend bekannt und definiert sind.

Abb. 8 zeigt die zur Lösung verschiedener Konstruktionsaufgaben notwendigerweise zu durchlaufenden Konstruktionsphasen, wobei die Fertigungsverfahren und Fertigung selbst den CAD-Rahmen sprengen und zum Bereich CAM (Computer Aided Manufacturing) gezählt werden müssen. Die einzelnen Tätigkeiten sind jeweils objektbezogen als horizontale Linien dargestellt. Innerhalb dieser sind, wie beschrieben, Wiederholungen und Rücksprünge möglich; auch können Unterbrechungen auftreten, da nicht für jedes Objekt alle Konstruktionsphasen relevant sind.

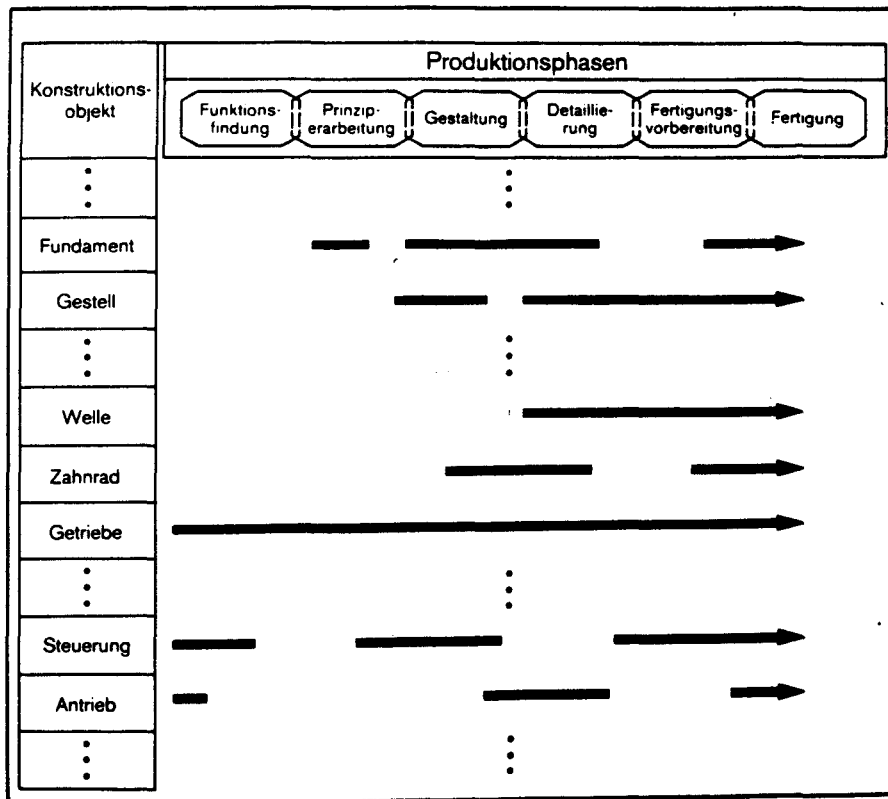


Abb. 8 Notwendigerweise zu durchlaufende Phasen bei unterschiedlichen Konstruktionsaufgaben

In dasselbe Schema kann man auch den gegenwärtig vorherrschenden Programmtyp einordnen (siehe Abb. 9). Man erkennt, daß hauptsächlich Insellösungen als abgegrenzte, auf spezielle Anwendungen eng zugeschnittene Programmpakete angeboten werden. Im Bereich der rechnerunterstützten Simulation und Berechnung von technischen Objekten besteht eine große Häufungsdichte, demgegenüber treten andere Einsatzgebiete deutlich zurück.

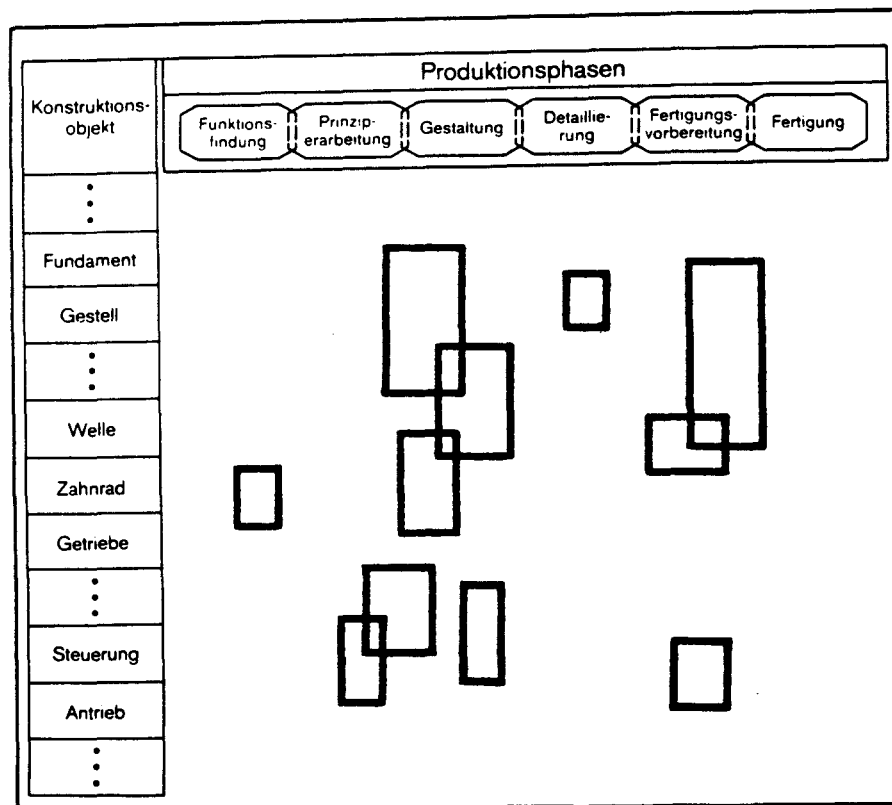


Abb. 9 Derzeit vorherrschende Programme und Programmpakete

Die vorhandenen Programme können praktisch nicht zu größeren horizontal verbundenen Einheiten verknüpft werden, so daß nur eine punktuelle und keine durchgehende Rechnerunterstützung zustande kommt.

Zahlreiche bestehende Schwierigkeiten beim Rechnereinsatz im Konstruktionsbereich sind somit auf die fehlende Übereinstimmung zwischen Ingenieuraufgaben einerseits und verfügbaren Programmen andererseits zu begründen. Nur horizontal orientierte

Programme oder Programmpakete erfüllen die gestellten Aufgaben zufriedenstellend, da sie den Konstrukteur mehr oder weniger lückenlos bei seinen Aufgaben unterstützen. Auf den ersten Blick erweckt dieses in Abb. 10 dargestellte Konzept den Eindruck uferloser Vielfalt. Dies ist jedoch nicht zwangsläufig der Fall, da die Algorithmen sehr oft objektunabhängig sind. Hieraus können dann universell einsetzbare Standardmodule wie beispielsweise Grafikbausteine oder Finite-Elemente-Programme entwickelt werden.

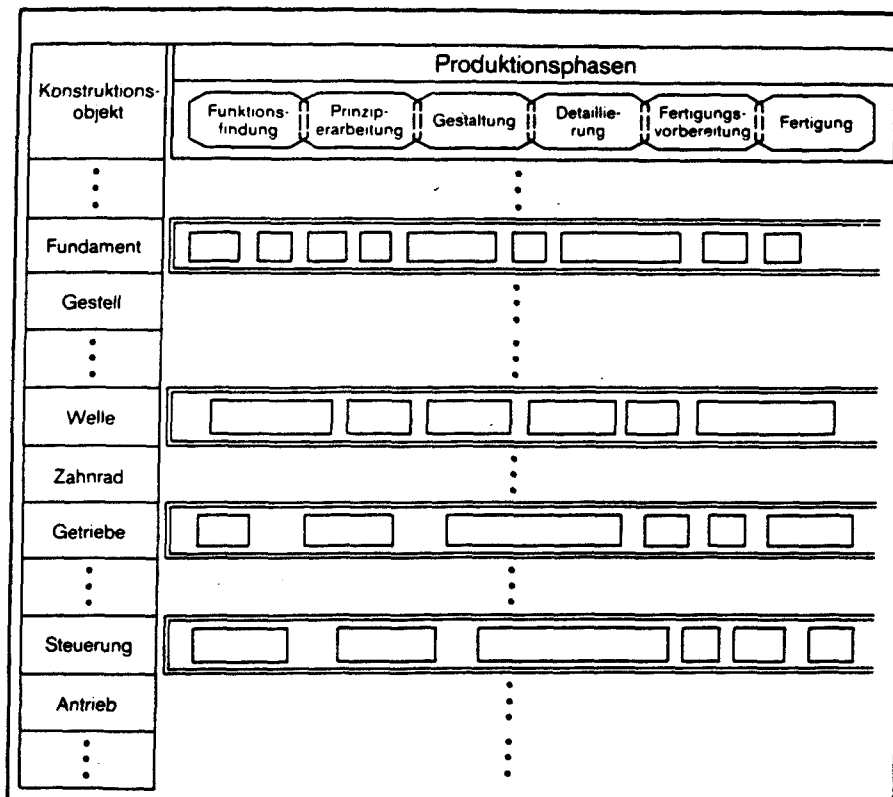


Abb. 10 Horizontal orientierte Programme und Programmpakete

Um hier nun langfristig gesehen entscheidend weiterzukommen, ist es wichtig, daß entsprechende Institutionen - Softwarehäuser, Dienstleistungszentren etc. - aufgebaut werden, die mit marktwirtschaftlichem Interesse an der Erstellung, Weiterentwicklung und Wartung von Stand- und in der nächsten Ausbaustufe auch objektbezogenen Bausteinen arbeiten. Nur so ist gewährleistet, daß beispielsweise Änderungen der Rechner, die sich bekanntlich in raschem Entwicklungstempo vollziehen, programmseitig angepaßt werden. Gleiches gilt, wenn aufgrund von Änderungen äußerer Randbedingungen - beispielsweise behördlicher Berechnungsvorschriften - Systemüberarbeitungen erforderlich werden. Existiert für derartige Aufgaben eine leistungsfähige zentrale Pflegestelle, steht jedem Anwender laufend ein aktuelles System zur Verfügung, für das er selbst kein teures Know how zur Verfügung stellen muß; ein Vorteil, der erfahrungsgemäß sowohl materiell als auch immateriell gleichermaßen wiegt. Solche Angebote aufgreifen zu können ist für viele Unternehmen die einzige Möglichkeit schlechthin, technische Datenverarbeitungsanlagen zu installieren und zu betreiben. Jedoch müssen auch Nachteile dieser überbetrieblichen Nutzung geltend gemacht werden. Hier ist zunächst auf die beträchtliche Abhängigkeit von der Pflege- und Servicestelle hinzuweisen, die allerdings durch entsprechende Sorgfalt bei der vertraglichen Gestaltung stark vermindert werden kann. Ein weiterer Nachteil besteht darin, daß durch die Kooperation mit dem Dienstleistungsbetrieb Firmen-Know-how nach außen dringen kann.

Das Kettenkonzept

Eine weitere Problematik besteht in der Verknüpfung der Programme. Wie bereits erwähnt muß der Konstrukteur die Möglichkeit haben für die jeweils anstehenden Aufgaben eine gezielte Auswahl und Zusammenstellung von Algorithmen, Informationen und Bearbeitungsabläufen treffen zu können. Den dazu erforderlichen Verknüpfungsaufwand - eine Routinetätigkeit - bezeichnet man als Integrationsgrad. So weisen z. B. Einzelprogramme den geringsten Integrationsgrad auf, da der Anwender die Steuerung der Programme, die Datenanpassung, die Ablaufsteuerung der Ausgabe und die Änderung entsprechender Algorithmen selbst vornehmen muß. Oft ist es sogar erforderlich regelrechte Anpassungsprogramme, sogenannte Programmbrücken, zu erstellen.

Je mehr nun diese Routinetätigkeit der Programmverknüpfung in den Rechner verlagert wird, desto höher ist der Integrationsgrad des Systems. Entsprechend bietet das Kettenkonzept komfortablere Möglichkeiten bei der Programmzusammenstellung. Gemäß Abb. 11 kann das System in Kommunikationsteil, Methodenbank und Datei aufgegliedert werden. Die Methodenbank besteht aus einer hinreichenden Anzahl leistungsfähiger Anwendungsprogramme, die sowohl Standard- als auch objektbezogene Bausteine sein können. Die einzelnen Bausteine haben genau definierte Schnittstellen, sind als ein-

zelne Einheit betrachtet unselbständig und korrespondieren nur mit dem Kommunikationsteil und der Datei. Die Datenbank nimmt Informationen auf, die beim Konstruieren des jeweiligen Objektes entstehen.

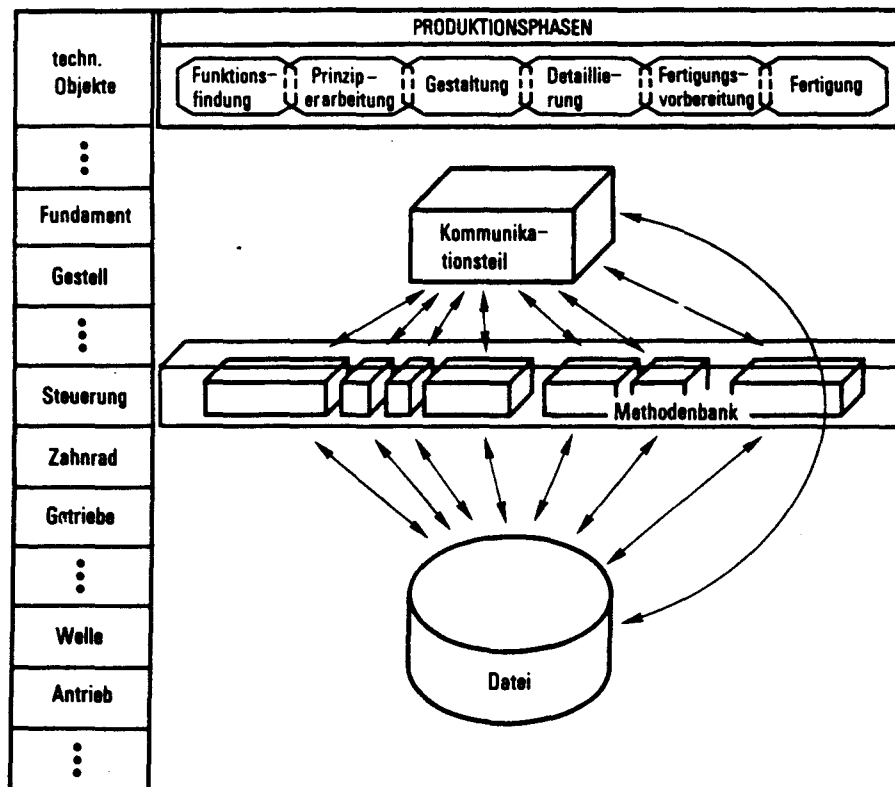


Abb. 11 Bearbeitung von Aufgaben nach dem Kettenkonzept

Zusätzlich sind dort allgemeine Informationen z. B. über Normen und betriebliche Standards abgespeichert, die der Konstrukteur bei seiner Tätigkeit laufend benötigt. Mit Fortschreiten des Konstruktionsprozesses werden die Objektinformationen in der Datenbank immer vollständiger und konkreter. Diese Konkretisierung erfolgt entweder dadurch, daß die Methodenbank Daten aus der Datei aufnimmt, nach vorgegebenen

Algorithmen transformiert und wieder abspeichert oder dadurch, daß der Benutzer über den Kommunikationsteil direkt Ergänzungen hinzufügt. Art und Folge dieser Transformation und damit auch die Verkettungsfolge der Programmbausteine werden vom Anwender fallabhängig gesteuert. Dabei sollten die einzelnen Module auf einem Kleinrechner ablauffähig sein. Je nach Organisationsform des Unternehmens wird jedoch möglicherweise der Datenbestand zentral verwaltet werden. Als Zielvorstellung generell dürfte dies allerdings erst nach einem weiteren Preisverfall der Hardware allgemein in der Praxis realisierbar sein.

Integrierte Programmsysteme

Den wohl höchsten Integrationsgrad weisen Integrierte Programmsysteme auf. Die meisten der heute im Einsatz befindlichen Systeme dieser Art haben den in Abb. 12 dargestellten Aufbau. Eine wesentliche Komponente hierbei ist der Systemkern. Er stellt Methoden für die Programm-, Sprach- und Datenverwaltung bereit, die zur Erstellung und Anwendung der verschiedenen Bausteine erforderlich sind. Somit wird es möglich, die einzelnen Bausteine in einer auf der Basissprache - z. B. FORTRAN - aufbauenden Prozedursprache zu erstellen, die dem Bausteinprogrammierer eine effektivere und sichere Formulierung seiner Problemstellung erlaubt. Durch einen entsprechenden

Vorcompiler erfolgt zunächst die Übersetzung in die Basis-sprache, die dann durch den Compiler des Betriebssystems in die erforderliche Maschinensprache überführt wird.

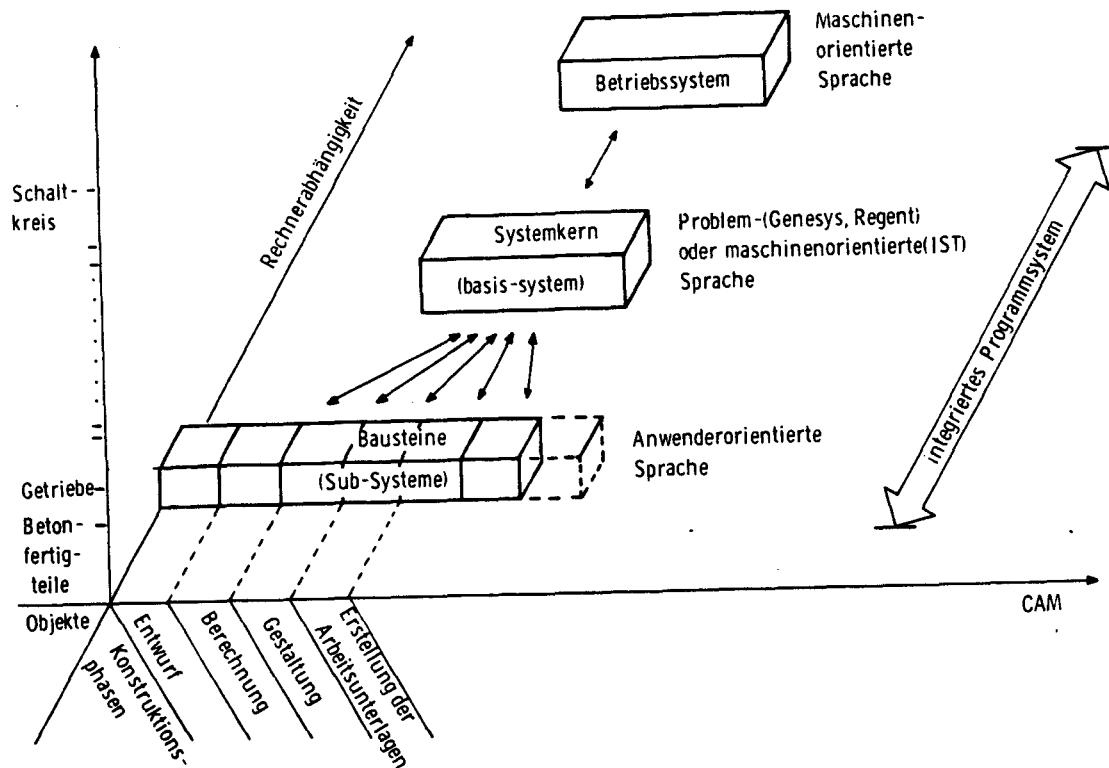


Abb. 12 Integrierte Programmsysteme

Außerdem existieren spezielle Interpreter für problemorientierte Anwendersprachen, die sich weitgehend an der Fachsprache des Konstrukteurs orientieren. Mit Hilfe dieser Sprachen formuliert der Anwender seine Problemstellung in der Form, wie etwa ein Gruppenleiter eine Aufgabe an den Konstrukteur stellt. Die so gegebenen Anweisungen werden interpretativ verarbeitet und in Eingabedaten für die verschiedenen

Bausteine und Steueranweisungen umgesetzt. Die wichtigsten Funktionen des Systemkerns lassen sich demnach wie folgt zusammenfassen:

- Interpretation der verschiedenen Sprachen
- Vorcompilierung der erstellten Programme
- Ausführung der vom Anwender vorgegebenen Programmverknüpfungen
- Verwaltung der Dateien und Aufbau entsprechender Datenstrukturen
- Verwaltung und dynamische Aufteilung von Feldern
- Kernspeicherverwaltung
- Bereitstellung von Testhilfen und Fehlerverwaltung

Bereits diese grobe Übersicht läßt erkennen, daß der Leistungsumfang des Systemkerns beträchtlich ist. Weil der Verwaltungsaufwand wegen der immer komplexer werdenden Verknüpfungen exponentiell mit dem Integrationsgrad ansteigt, ist die Systemsoftware entsprechend umfangreich und komplex. Dies erfordert, daß eine teilweise Auslagerung auf periphere Speicher möglich sein muß, was wiederum einen streng modularen Aufbau voraussetzt. Betrachtet man den heutigen Stand der Programmieretechnik und berücksichtigt, daß derartige Systeme oft aus einigen zehntausend Fortranbefehlen bestehen, so ist verständlich, daß bereits das Austesten zu erheblichen Schwierigkeiten führen kann. Wir geraten hier an die Grenze der sicheren Beherrschbarkeit der Datenverarbeitung durch den Menschen.

Konzipiert wurden die Integrierten Programmsysteme unter der Annahme der Verfügbarkeit eines Großrechners. Dies ist allerdings mit der Forderung nach einem stufenweisen Aufbau der Hardware nicht zu vereinbaren. Viele Unternehmen fürchten die hohen Investitionskosten für Hardware und Software und lassen sich nur ungern auf ein Abenteuer dieser Art ein, da das Risiko wegen hoher Unsicherheiten bei den Rentabilitätsabschätzungen sehr groß ist. Deshalb ist die Anwendung dieser Systeme in der Regel auf Unternehmen beschränkt, die bereits einen Großrechner zur Verfügung haben.

Berücksichtigt man, daß im deutschen Maschinenbau 1979 immerhin etwa 75 % der Betriebe weniger als 200 Mitarbeiter beschäftigten, so ist der Trend zur Nutzung kleinerer, preiswerter und ausbaufähiger Datenverarbeitungssysteme, die bei Bedarf mit größeren Einheiten zusammenarbeiten können, verständlich. Der Verbund kann dabei On-Line durch Datenfernübertragung oder - weniger komfortabel - Off-Line durch Lochkarten, Magnetband etc. mit Rechnern im Haus oder auch außer Haus realisiert werden. In Betrieben mittlerer Größe stehen oft bereits größere Anlagen zur Lösung kommerziell - administrativer Aufgaben zur Verfügung, die bei sinnvoller Einbindung außerdem die zentrale Verwaltung des Datenbestandes für das gesamte Unternehmen realisieren. Somit hat der Konstrukteur die Möglichkeit, Angaben über die Verfügbarkeit bestimmter Materialien am Firmenlager, Preise und Liefer-

fristen von Zukaufteilen und dergleichen direkt abzurufen. Je komplexer nun diese Verknüpfungen zwischen den verschiedenen Rechner-Ebenen werden, desto aufwendiger wird in der Regel die Programmverwaltung, der Integrationsgrad steigt. Bis zu welchem Grad nun das technisch Machbare berechtigt und sinnvoll ist, kann nicht pauschal gesagt werden. Hierüber entscheiden vielmehr Arbeitseffizienz und Wirtschaftlichkeit des Hilfsmittels Datenverarbeitung im Einzelfall. Bezogen auf den CAD-Bereich hat es sich allerdings als zweckmäßig erwiesen, zunächst überschaubare, in sich geschlossene Teilaufgaben der Rechnerunterstützung zuzuführen und die weitere Systementwicklung einer permanenten Kosten - Nutzen - Kontrolle zu unterziehen. Denn die große, umfassende Lösung aus einem Guß existiert auch hier nicht.

Literatur

Weck, M.; Heinrichs, H.

Problemlösungen im Rahmen der konstruktiven Gestaltung
Industrie - Anzeiger 101 (1979) 78, S. 26 ... 29

Lang-Lendorf, G.

Mit der Datenverarbeitung Konstruieren, Berechnen, Fertigen
VDI-Z 121 (1979) 7, S. 291 ... 296

Heinrichs, H.

Graphische Datenverarbeitung bei FEM-Berechnungen von Maschinen
Dissertation TH-Aachen, März 1981

Weck, M. et al

Anwendung von Digitalrechnerprogrammen zur Berechnung von
Maschinenbauteilen nach der FEM-Methode, Band 1 ... 3

Unterlagen zur 7. Aachener VDW-Konstrukteur-Arbeitstagung
WZL TH-Aachen 1975

Spur, G. et al.

Studie über die Behandlung technischer Objekte in CAD-
Systemen

CAD-Bericht Nr. 31, 1977

Opitz, H. ; Wessel, H.-J.

Gegenüberstellung von Entwurfs- und Zeichnungserstellungs-
systemen im Bereich Werkzeugmaschinenbau
CAD-Bericht Nr. 40, 1979

Schörner, M.

Persönliche Mitteilungen

WZL TH-Aachen, derzeit Gesellschaft für Elektronische
Informationsverarbeitung m b H.

Datenverarbeitung in der Konstruktion 81,
Orientierungshilfen für Einführung und Anwendung von CAD
VDI - Bericht 413 , Oktober 1981